

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

JUN-WOO KIM, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: AUTOMATIC GAIN CONTROL DEVICE AND
METHOD IN ORTHOGONAL FREQUENCY
DIVISION MULTIPLEXING SYSTEM WITH DC
OFFSET COMPENSATION FUNCTION, AND
RECORDING MEDIUM STORING PROGRAM
CONTAINING THE METHOD

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Korea	10-2003-0022560	10 April 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 10/15/07

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor
Los Angeles, California 90025
Telephone: (310) 207-3800


Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

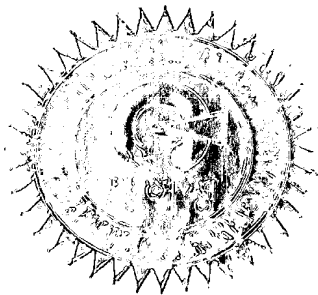
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0022560
Application Number

출원년월일 : 2003년 04월 10일
Date of Application APR 10, 2003

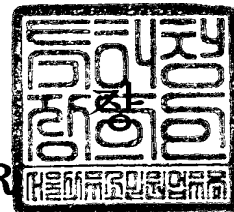
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Inst



2003 년 09 월 19 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【제출일자】 2003.04.10
【발명의 명칭】 디씨 오프셋 보상 기능이 있는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치 및 그 방법과, 그 방법을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체
【발명의 영문명칭】 AUTOMATIC GAIN CONTROL APPARATUS CAPABLE OF COMPENSATING DC OFFSET IN ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING AND METHOD THEREOF, AND RECORDING MEDIA FOR STORING PROGRAM COMPRISING THE SAME METHOD
【출원인】
【명칭】 한국전자통신연구원
【출원인코드】 3-1998-007763-8
【대리인】
【명칭】 유미특허법인
【대리인코드】 9-2001-100003-6
【지정된변리사】 이원일
【포괄위임등록번호】 2001-038431-4
【발명자】
【성명의 국문표기】 김준우
【성명의 영문표기】 KIM, JUN WOO
【주민등록번호】 740110-1690116
【우편번호】 305-345
【주소】 대전광역시 유성구 신성동 118-20번지 용신에버빌 306호
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 이영하
【성명의 영문표기】 LEE, YOUNG HA
【주민등록번호】 700804-1009415
【우편번호】 305-330
【주소】 대전광역시 유성구 지족동 858번지 열매마을 403동 1403호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 유창완
【성명의 영문표기】 YU,CHANG WAHN
【주민등록번호】 700804-1036813
【우편번호】 305-804
【주소】 대전광역시 유성구 신성동 145-17번지 2층 202호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김대호
【성명의 영문표기】 KIM,DAE HO
【주민등록번호】 660806-1804325
【우편번호】 302-282
【주소】 대전광역시 서구 월평동 진달래아파트 112동 703호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 박윤옥
【성명의 영문표기】 PARK,YOUN OK
【주민등록번호】 610304-1227022
【우편번호】 305-729
【주소】 대전광역시 유성구 전민동 청구나라아파트 101동 1002호
【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 유미특허법인 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	5 면	5,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	15 항	589,000 원
【합계】		623,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관	
【감면후 수수료】		311,500 원

【기술이전】

1020030022560

출력 일자: 2003/9/24

【기술이전】

【기술양도】

【실시권 허여】

【기술지도】

【첨부서류】

희망

희망

희망

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 디씨 오프셋 보상 기능이 있는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치 및 그 방법과, 그 방법을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체에 관한 것이다.

이 자동 이득 조절 장치는 디씨 오프셋이 포함된 입력 신호의 에너지를 입력 신호의 제공의 합으로 계산하는 동시에 입력 신호에 포함된 디씨 오프셋의 에너지를 디씨 오프셋의 제공의 합으로 계산한다. 계산된 입력 신호의 에너지에서 디씨 오프셋의 에너지를 감하면 디씨 오프셋이 없는 순수한 신호의 에너지가 산출되고, 이 에너지와 자동 이득 조절을 위한 기준값을 비교하여 자동 이득 조절을 위해 피드백을 한다.

본 발명에 따르면, 자동 이득 조절을 수행하면서 동시에 계산된 디씨 오프셋을 자동 이득 조절에 바로 반영하여 정확한 이득값을 찾을 수 있으므로 정확한 자동 이득 조절이 수행될 수 있다.

【대표도】

도 3

【색인어】

OFDM, 직교 주파수 분할 다중 시스템, 자동 이득 조절, 디씨 오프셋, 에너지

【명세서】**【발명의 명칭】**

디씨 오프셋 보상 기능이 있는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치 및 그 방법과, 그 방법을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체 {AUTOMATIC GAIN CONTROL APPARATUS CAPABLE OF COMPENSATING DC OFFSET IN ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING AND METHOD THEREOF, AND RECORDING MEDIA FOR STORING PROGRAM COMPRISING THE SAME METHOD}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 직교 주파수 분할 다중 시스템의 하나인 IEEE 802.11a WLAN의 프리앰블 구조도이다.

도 2는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 시간영역 파형을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치의 블록도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 방법의 순서도이다.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<5> 본 발명은 직교 주파수 분할 다중(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:OFDM) 시스템에 관한 것으로, 특히 디씨 오프셋(DC Offset) 보상 기능이 있는 직교 주파수 분할 다중

시스템의 자동 이득 조절 장치 및 그 방법과, 그 방법을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체에 관한 것이다.

- <6> 일반적으로 직교 주파수 분할 다중 시스템에서는 훈련 심볼 구간에서만 자동 이득 조절과 디씨 오프셋 계산을 수행할 수 있는데, 종래에는 이러한 자동 이득 조절과 디씨 오프셋 계산을 순차적으로 수행하였으며, 이하 종래의 자동 이득 조절과 디씨 오프셋 계산에 관해 설명한다.
- <7> 도 1은 직교 주파수 분할 다중 시스템의 하나인 IEEE 802.11a WLAN의 프리앰블 구조도이다.
- <8> 도 1에 도시된 바와 같이, 직교 주파수 분할 다중 시스템의 하나인 IEEE 802.11a의 프리앰블은 짧은 훈련 심볼(Short Training Sequence)과 긴 훈련 심볼(Long Training Sequence)을 포함한다. 이 중, 짧은 훈련 심볼은 신호 인식, 자동 이득 조절, 개략적인 주파수 오프셋(Coarse Frequency Offset) 추정 등의 용도로 사용되고, 긴 훈련 심볼은 정밀한 심볼 동기 획득 및 정밀한 주파수 오프셋(Fine Frequency Offset) 추정의 용도로 사용된다.
- <9> 이들 훈련 심볼은 전력이 정규화(normalize)되어 있는데 비해 데이터 심볼은 임의의 데이터가 역 에프에프티(IFFT)된 결과이므로 그 에너지값이 일정하지 않다. 이러한 이유로 자동 이득 조절은 프리앰블 구간의 훈련 심볼들을 이용해서 수행되어야 한다.
- <10> 이러한 종래 기술로는 한국 특허공개번호 제2002-090562호 "직교 주파수 분할 다중화 신호의 자동 이득 조정 장치 및 그 장치를 이용한 자동 이득 조정 방법"이 있으며, 디지털 방식의 자동 이득 조정 장치를 사용하여 2단계 자동 이득 조정을 수행하는 것을 특징으로 하고 있

으나, 여기에서는 자동 이득 조절 장치에서의 디씨 오프셋의 영향에 대해서는 기재되어 있지 않다는 문제점이 있다.

<11> 한편, 일반적인 OFDM 시스템에서의 자동 이득 조절 장치는 입력되는 I, Q 데이터의 에너지를 구하여 평균을 취한 뒤 자동 이득 조절 장치가 보상해야 하는 dB 값으로 변환하여 기준값과의 차를 피드백함으로써 훈련 심볼 내에서의 이득 조절을 수행한다. 이 때, 짧은 훈련 심볼은 주파수 오프셋 계산을 위하여 여러 개의 반복되는 구간으로 나뉘게 되며, 각 구간의 평균값은 0이 된다. 한편, 긴 훈련 심볼은 전치 순환(Cyclic Prefix)을 제외하면 두 개의 반복된 구간으로 나뉘게 되는데, 그 각 구간의 평균값은 0이 된다. 전치 순환 구간의 평균값은 0이 된다는 보장이 없으며, 실제로 IEEE 802.11a의 경우에서도 긴 훈련 심볼의 전치 순환 구간의 평균값은 0이 아니라 상당히 큰 값을 가진다. 반면, 훈련 심볼 외의 데이터 심볼은 임의의 값들이 역 에프에프티된 결과이므로 일정 구간의 평균값이 일정하지 않으며 상당히 큰 값으로 나온다. 따라서, 디씨 오프셋을 계산하여 제거하는 일도 훈련 심볼 구간에서 수행되어야 한다.

<12> 또한, 일반적인 OFDM 시스템에서 디씨 오프셋을 찾는 장치는 입력되는 I, Q 데이터를 각각 일정 구간 누적하여 평균을 취함으로써 간단히 디씨 오프셋을 찾는다.

<13> 이러한 일반적인 OFDM 시스템은 디씨 오프셋을 무시할 수 있는 작은 값으로 가정하고 상기한 자동 이득 조절을 수행한 다음에 디씨 오프셋을 계산하여 제거하는데, 이것은 초기 동기 획득 과정에서 정확도가 감소한다는 문제점이 있다. 특히 향후 저가의 수신 시스템용으로 연구되고 있는 직접 변환 방법(Direct Conversion : 중간 주파수(IF)를 사용하지 않고 라디오 주파수(RF)에서 기저대역(Baseband Frequency)로 바로 변환하는 방법)을 사용하면 디씨 오프셋 문제가 더 심각해진다.

<14> 또한, 무선랜에서는 디씨 오프셋의 영향을 받지 않기 위하여 디씨 주파수에 해당하는 서브 캐리어(sub-carrier)에 정보를 실지 않고 있는데, 주파수 영역에서는 이러한 방법만으로도 충분하지만, 초기 동기 및 자동 이득 조절 등 시간 영역에서 수행되는 작업의 경우에는 정확도가 감소한다는 문제점이 있다.

<15> 또한, 실제 OFDM 시스템의 시간영역 파형을 도시한 도 2에서 볼 수 있듯이, 데이터 심볼에 비해 훈련 심볼은 그 크기가 약 10dB 정도 작기 때문에 작은 디씨 오프셋의 영향에도 매우 민감하다. 예를 들어 입력되는 데이터의 최대 전압 크기가 2Vp-p인 경우, 훈련 심볼의 최대 전압 크기는 약 0.2Vp-p이므로, 0.01V의 디씨 오프셋이 발생한 경우 이 값은 입력 데이터의 0.5%에 불과한 값이지만 훈련 심볼에 대해서는 5%의 오차가 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<16> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 OFDM 시스템에서 신호 인식 및 자동 이득 조절을 수행함과 동시에 디씨 오프셋을 찾아서 그 영향을 제거하는 디씨 오프셋 보상 기능이 있는 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치 및 그 방법과, 그 방법을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<17> 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 하나의 특징에 따른 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치는,

<18> 입력 신호에 대한 이득 조절을 수행하는 RF단; 입력 신호의 에너지를 계산하는 제1 에너지 계산부; 상기 제1 에너지 계산부에 의해 계산된 에너지를 누적하여 평균을 취해 출력하는 제1 누적부; 상기 입력 신호의 디씨 오프셋(DC offset)을 산출하는 제2 누적부; 상기 제2 누적

부에 의해 산출된 디씨 오프셋의 에너지를 계산하는 제2 에너지 계산부; 상기 제1 누적부에서 출력되는 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 제2 에너지 계산부에서 출력되는 상기 입력 신호의 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 출력하는 감산부; 및 상기 감산부의 출력과 자동 이득 조절을 위해 설정된 특정 기준값을 비교하고, 비교 결과를 자동 이득 조절을 위해 사용되도록 상기 RF단으로 피드백하는 비교부를 포함한다.

- <19> 여기서, 상기 자동 이득 조절을 위한 에너지 계산은 상기 입력 신호의 훈련 심볼 구간에 대해 수행되는 것이 바람직하다.
- <20> 또한, 상기 훈련 심볼 구간이 짧은 훈련 심볼 구간인 경우에는 16개 샘플 단위의 구간별로 상기 에너지 계산이 수행되는 것이 바람직하다.
- <21> 또한, 상기 훈련 심볼 구간이 긴 훈련 심볼 구간인 경우에는 64개 샘플 단위의 구간별로 상기 에너지 계산이 수행되는 것이 바람직하다.
- <22> 또한, 상기 제1 에너지 계산부 및 제2 에너지 계산부는 입력 신호의 제곱의 합을 구하여 에너지로 출력하는 것이 바람직하다.
- <23> 본 발명의 다른 특징에 따른 직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법은,
- <24> a) 입력 신호가 검출되면 짧은 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 개략적인 자동 이득 조절-여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨-를 수행하는 단계; b) 상기 짧은 훈련 심볼구간에 대해 개략적인 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 단계; c) 긴 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 정밀한 자동 이득 조절

-여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨-을 수행하는 단계; 및
d) 상기 긴 훈련 심볼구간에 대해 정밀한 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 단계를 포함한다.

<25> 여기서, 상기 b) 단계는 상기 짧은 훈련 심볼의 마지막 3개의 반복 구간에서 수행되는 것이 바람직하다.

<26> 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다.

<27> 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치에 대하여 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

<28> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치의 블록도이다.

<29> 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치는 RF단(100), 2개의 A/D 변환기(110, 112), 2개의 에너지 계산기(120, 150), 3개의 누적기(130, 140, 142), 2개의 감산기(160, 180), dB 변환기(170) 및 D/A 변환기(190)를 포함한다.

<30> RF단(100)은 OFDM 시스템 내에서 아날로그 I 및 Q 신호를 자동 이득 조절 장치로 입력하는 인터페이스 역할을 한다.

- <31> 2개의 A/D 변환기(110, 112)는 RF단(100)에서 출력되는 아날로그 I 및 Q 신호를 디지털 I 및 Q 신호로 변환하여 출력한다.
- <32> 에너지 계산기(120)는 2개의 A/D 변환기(110, 112)에서 각각 출력되는 디지털 I 및 Q 신호(이하 I 및 Q 신호라고 함)의 에너지를 구하여 출력한다. 이 때, 에너지 계산기(120)는 입력되는 I 및 Q 신호의 제곱의 합을 에너지 값으로 계산하여 출력한다.
- <33> 누적기(130)는 에너지 계산기(120)에서 출력되는 에너지 값을 일정 구간동안 누적한 뒤 평균을 취하여 출력한다. 즉, 누적기(130)는 일정 구간동안의 평균 에너지 값을 계산하여 출력한다.
- <34> 또한, 2개의 누적기(140, 142)는 2개의 A/D 변환기(110, 112)에서 각각 출력되는 I 및 Q 신호를 각각 일정 구간동안 누적한 뒤 평균을 취하여 출력한다. 즉, 2개의 누적기(140, 142)는 각각 I 및 Q 신호의 일정 구간동안의 평균 값을 출력하며, 이 값이 I 및 Q의 디씨 오프셋이 된다. 이 때, 누적 구간은 짧은 훈련 심볼을 사용하는 경우에는 16 샘플이 되며, 반면에 긴 훈련 심볼을 사용하는 경우에는 64 샘플이 된다.
- <35> 에너지 계산기(150)는 2개의 누적기(140, 142)에서 각각 출력되는 I 및 Q 신호의 각 디씨 오프셋의 에너지를 구하여 출력한다. 이 때, 에너지 계산기(150)는 입력되는 I 및 Q 신호의 각 디씨 오프셋의 제곱의 합을 에너지 값으로 계산하여 출력한다.
- <36> 감산기(160)는 누적기(130)에서 출력되는 값에서 에너지 계산기(150)에서 출력되는 값을 감하여 출력한다. 즉, 감산기(160)는 I 및 Q 신호의 에너지 값에서 디씨 오프셋에 의한 에너지 값을 감하여 출력한다.

- <37> dB 변환기(170)는 감산기(160)에서 출력되는 값을 dB값으로 변환하여 출력한다. 본 발명의 실시예에 따른 자동 이득 조절 장치가 보상해야 하는 값은 약 80~100dB의 높은 값이므로 dB 변환기(170)는 감산기(160)에서 출력되는 값을 요구되는 높은 dB값으로 변환하여 출력한다.
- <38> 감산기(180)는 dB 변환기(170)에서 출력되는 값에서 이미 설정된 기준값을 감하여 출력한다.
- <39> D/A 변환기(190)는 감산기(180)에서 출력되는 값을 아날로그 신호로 변환하여 RF단(100) 내에 있는 가변 이득 앰프(도시되지 않은)로 피드백하여 자동 이득 조절이 수행될 수 있도록 한다.
- <40> 이하, 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치의 동작에 대해 보다 상세하게 설명한다.
- <41> OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치로 입력되는 훈련 심볼의 I 및 Q 신호는 RF단(100)을 통해 입력되어 A/D 변환기(110, 112)에 의해 디지털 I 및 Q 데이터로 변환된 후 에너지 계산기(120)에 의해 그 에너지가 구해진다. 에너지를 구하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있는데, 본 발명의 실시예에서는 I 데이터와 Q 데이터의 제곱의 합을 구하여 그 에너지로 한다.
- <42> 에너지 계산기(120)에 구해진 에너지 값은 누적기(130)에서 일정 구간동안 값이 누적된 후 평균되어 감산기(160)로 출력된다. 이 때 IEEE 802.11a의 짧은 훈련 심볼을 사용하는 경우 그 누적 구간은 16 샘플이 된다.
- <43> 한편, A/D 변환기(110, 112)에 의해 출력되는 디지털 I 및 Q 데이터는 2개의 누적기(140, 142)에서 일정 구간동안 누적된 후 평균되어 에너지 계산기(150)로 출력된다. 이와 같

이 누적기(140, 142)에서 출력되는 값은 각각 OFDM 시스템의 자동 이득 조절 장치로 입력되는 훈련 심볼의 I 및 Q 신호의 디씨 오프셋이 된다.

<44> 누적기(140, 142)에서 출력되는 I 및 Q 신호의 디씨 오프셋은 에너지 계산기(150)에 의해 그 에너지가 구해진다. 이 때 에너지 계산기(150)는 I 및 Q 신호의 에너지 계산에 사용되는 에너지 계산기(120)와 그 기능이 동일하다. 따라서, 에너지 계산기(150)는 I 및 Q 신호의 디씨 오프셋의 제곱의 합을 구하여 감산기(160)로 출력한다.

<45> 이와 같이, 감산기(160)는 누적기(130)에서 출력되는 값, 즉 디씨 오프셋이 있는 I 및 Q 신호의 에너지 값과, 에너지 계산기(150)에서 출력되는 값, 즉 I 및 Q 디씨 오프셋의 에너지 값을 입력받는다. 따라서, 감산기(160)가 누적기(130)에서 출력되는 값에서 에너지 계산기(150)에서 출력되는 값을 감하면, 디씨 오프셋이 없는 순수한 I 및 Q 신호의 에너지 값이 구해질 수 있다.

<46> 이러한 결과를 수학적식을 통해 보다 상세하게 설명한다.

<47> A/D 변환기(110, 112)를 통해 출력되는 I 및 Q 값을 각각 R_i , R_q 라고 할 때, 이들은 수학적식 1과 같이 디씨 오프셋이 없는 이상적인 신호인 S_i , S_q 와 디씨 오프셋인 D_i , D_q 의 합으로 표현될 수 있다.

<48> [수학적식 1] $R_i = S_i + D_i$ $R_q = S_q + D_q$

<49> 따라서, 에너지 계산기(120)에 의해 구해진 에너지가 누적기(130)에 의해 일정 구간동안 누적되어 평균이 취해져 출력되는 에너지 값(\hat{Energy})은 수학적식 2와 같이 표현될 수 있다. 이 때 에너지 값은 디씨 오프셋이 있을 때 자동 이득 조절기가 찾은 에너지의 값이다.

<50> [수학적식 2]

<51>

$$\begin{aligned} \hat{Energy} &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (Ri(n)^2 + Rq(n)^2) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(Si(n) + Di)^2 + (Sq(n) + Dq)^2] \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [Si(n)^2 + Sq(n)^2] + \frac{2Di}{N} \sum_{n=1}^N Si(n) + \frac{2Dq}{N} \sum_{n=1}^N Sq(n) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [Di^2 + Dq^2] \end{aligned}$$

<52> 한편, 누적기(140, 142)에 의해 일정 구간동안 누적되어 평균이 취해진 후 출력되는 값이 I 및 Q 신호의 디씨 오프셋인 Di 및 Dq이고, 이러한 Di 및 Dq는 다음의 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

<53> [수학적 식 3]

<54>

$$Di = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Ri(n), \quad Dq = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Rq(n)$$

<55> 누적기(140, 142)에서 출력되는 I 및 Q 신호의 디씨 오프셋(Di, Dq)은 에너지 계산기(150)에 의해 에너지가 구해져 감산기(160)로 출력되며, 수학적 식 4와 같이 표현된다.

<56> [수학적 식 4]

<57>

$$Di^2 + Dq^2$$

<58> 그런데, 디씨 오프셋이 없는 이상적인 신호 Si 및 Sq의 평균은 특정 구간에 대해 0이 되고, 수학적 식 3에서 알 수 있듯이 I 및 Q의 디씨 오프셋은 각각 상수이므로, 수학적 식 2는 최종적으로 수학적 식 5와 같이 표현될 수 있다. 여기서 특정 구간은 짧은 훈련 심볼의 경우에는 임의의 16 샘플 단위의 구간이 되고, 긴 훈련 심볼의 경우에는 16 샘플이 아니라 64 샘플 단위의 구간이 된다.

<59> [수학적 식 5]

<60>

$$\begin{aligned}\hat{Energy} &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [Si(n)^2 + Sq(n)^2] + [Di^2 + Dq^2] \\ &= Energy + [Di^2 + Dq^2]\end{aligned}$$

<61>

상기 수학식 5를 살펴보면, 디씨 오프셋이 있는 상태에서 자동 이득 조절 장치가 구하는 에너지 값(\hat{Energy})은 디씨 오프셋이 없는 상태에서 구할 수 있는 이상적인 에너지 값($Energy$)에 디씨 오프셋의 에너지($Di^2 + Dq^2$)가 더해진 값으로 표현됨을 알 수 있다.

<62>

한편, 감산기(160)는 누적기(130)에서 디씨 오프셋이 있는 상태에서 구해진 에너지 값(\hat{Energy})에서 에너지 계산기(150)에서 구해진 디씨 오프셋의 에너지($Di^2 + Dq^2$)를 감하여 출력하므로, 결과적으로 감산기(160)에서 출력되는 값은 디씨 오프셋이 없는 상태에서 구할 수 있는 이상적인 에너지 값($Energy$)이 된다.

<63>

감산기(160)에서 출력되는 값, 즉 디씨 오프셋이 없는 상태에서 구할 수 있는 이상적인 에너지 값($Energy$)은 dB 변환기(170)에서 자동 이득 조절 장치가 보상해야 하는 높은 dB값으로 변환되어 출력된다. 이러한 높은 dB값은 약 80 ~ 100 dB 정도이다.

<64>

dB 변환기(170)에서 출력되는 값은 자동 이득 조절 장치가 이득을 조절하기 위한 기준값과의 비교를 위해 감산기(180)로 입력된 후, 감산기(180)에 의해 기준값이 감해져 출력된다.

<65>

감산기(180)에서 출력되는 값은 D/A 변환기(190)에서 아날로그 값으로 변환된 후 다시 자동 이득 조절을 위해 RF단(100)으로 피드백 입력된다.

<66>

상기한 바와 같이, 디씨 오프셋이 있는 상태에서 구해진 에너지에서 디씨 오프셋에 의한 에너지를 감하여 디씨 오프셋이 없는 상태에서 구할 수 있는 이상적인 에너지를 구하여 자동 이득 조절이 수행됨으로써, 디씨 오프셋이 있는 상태에서도 정확한 이득 제어가 행해질 수 있다. 이러한 결과는 에너지 계산기(120, 150)에서 에너지를 구하는 방식이 본 발명의 실시예와

같이 입력의 제공의 합을 사용하는 방식이 아닌 다른 방식을 사용하는 경우에도 적용될 수 있음은 본 기술분야의 당업자에 의해 쉽게 이해될 것이다.

- <67> 이와 같이 자동 이득 조절 장치는 훈련 심볼 구간동안에는 자동 이득 조절과 디씨 오프셋 제거를 동시에 실시하고, 훈련 심볼 구간이 끝나고 데이터 구간이 오면 훈련 심볼 구간을 통해 구해진 에너지 값과 디씨 오프셋 값을 그대로 유지하게 된다.
- <68> 한편, 훈련 심볼 구간에서 자동 이득 조절과 디씨 오프셋 제거시 유의하여야 될 점은 짧은 훈련 심볼에 대해서는 임의의 16 샘플 단위로 적분을 취하면 그 평균값이 0이 되지만, 긴 훈련 심볼에 대해서는 16 샘플의 적분값이 0이 되지 않으며, 64개의 샘플을 누적해야 그 평균이 0이 된다는 것이다. 따라서, 자동 이득 조절 장치는 짧은 훈련 심볼을 이용하여 동작할 때와 긴 훈련 심볼을 이용하여 동작하는 두 가지 모드가 필요하다.
- <69> 보다 상세하게 설명하면, 자동 이득 조절 장치는 짧은 훈련 심볼을 사용하여 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거를 간략하게 수행한 후, 긴 훈련 심볼을 사용하여 상기한 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거 과정을 반복하여 다시 검증하고 미세 조정함으로써 보다 정확한 자동 이득 조절이 수행될 수 있도록 한다.
- <70> 이하, 도 4를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 디씨 오프셋 보상 기능이 있는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 방법에 대해 설명한다.
- <71> 먼저 OFDM 시스템에 훈련 신호가 수신되고, 도시되지 않은 신호 검출기에 의해 짧은 훈련 심볼 신호가 검출되면(S10) 자동 이득 조절 장치는 짧은 훈련 심볼 구간, 특히 16개 샘플을 한 구간으로 하여 개략적인 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거 동작을 수행한다(S20). 여

기서 신호 검출기는 OFDM 시스템에서 반드시 필요한 수단으로 이미 주지의 장치이므로 본 기술 분야의 당업자에 의해 쉽게 이해될 것이기 때문에 여기에서는 상세한 설명을 생략한다.

<72> 이러한 개략적인 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거 동작은 도 3을 참조하여 상기 설명한 바와 같이 디씨 오프셋이 있는 신호의 에너지에서 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 디씨 오프셋이 없는 순수한 신호의 에너지를 구하여 자동 이득 조절하는 동작에 따라 수행된다.

<73> 다음, 짧은 훈련 심볼의 마지막 3개의 반복적인 구간에서, 도 1에서 나타낸 바와 같은 개략적인 주파수 오프셋 탐색 및 제거 동작을 수행한다(S30).

<74> 이러한 개략적인 주파수 오프셋 탐색 동작이 수행되는 동안에는 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 계산이 계속 수행되지만, 주파수 오프셋 탐색 동작이 끝날 때까지 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 계산 결과는 RF단(100)으로 전송되지 않는다.

<75> 다음, 자동 이득 조절 장치는 긴 훈련 심볼 구간에서 64개의 샘플을 한 구간으로 하여 상기 단계(S20)에서 수행된 개략적인 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거에 비해 상대적으로 정밀한 자동 이득 조절 및 디씨 오프셋 제거 동작을 수행한다(S40).

<76> 다음, 긴 훈련 심볼 구간 동안에 도 1에서 나타낸 바와 같이 정밀한 주파수 오프셋 탐색 및 제거 동작을 수행한다(S50).

<77> 한편, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 시스템에서의 자동 이득 조절 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 판독 가능한 형태로 기록 매체(씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 저장될 수 있다.

<78> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 그 외의 다양한 변경이나 변형이 가능하다.

【발명의 효과】

<79> 본 발명에 따르면, 디씨 오프셋 탐색 및 자동 이득 조절을 동시에 수행하면서 계산된 디씨 오프셋 값을 자동 이득 조절에 바로 반영하여 정확한 이득값을 찾을 수 있으므로 정확한 자동 이득 조절이 수행될 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치에 있어서,

입력 신호에 대한 이득 조절을 수행하는 RF단;

입력 신호의 에너지를 계산하는 제1 에너지 계산부;

상기 제1 에너지 계산부에 의해 계산된 에너지를 누적하여 평균을 취해 출력하는 제1 누적부;

상기 입력 신호의 디씨 오프셋(DC offset)을 산출하는 제2 누적부;

상기 제2 누적부에 의해 산출된 디씨 오프셋의 에너지를 계산하는 제2 에너지 계산부;

상기 제1 누적부에서 출력되는 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 제2 에너지 계산부에서 출력되는 상기 입력 신호의 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 출력하는 감산부; 및

상기 감산부의 출력과 자동 이득 조절을 위해 설정된 특정 기준값을 비교하고, 비교 결과를 자동 이득 조절을 위해 사용되도록 상기 RF단으로 피드백하는 비교부

를 포함하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 자동 이득 조절을 위한 에너지 계산은 상기 입력 신호의 훈련 심볼 구간에 대해 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 3】

제2항에 있어서,

상기 훈련 심볼 구간이 짧은 훈련 심볼 구간인 경우에는 16개 샘플 단위의 구간별로 상기 에너지 계산이 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 4】

제2항에 있어서,

상기 훈련 심볼 구간이 긴 훈련 심볼 구간인 경우에는 64개 샘플 단위의 구간별로 상기 에너지 계산이 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 제1 에너지 계산부 및 제2 에너지 계산부는 입력 신호의 제곱의 합을 구하여 에너지로 출력하는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 제1 에너지 계산부로 입력되는 훈련 심볼의 I 및 Q 값을 R_i 및 R_q 라고 하고, 상기 R_i 및 R_q 가 디씨 오프셋이 없는 이상적인 신호인 S_i 및 S_q 와 디씨 오프셋인 D_i 및 D_q 의 합으로 표현되며, 상기 S_i 및 S_q 의 평균이 특정 구간(N)에 대해 0이 되고, 상기 D_i 및 D_q 가 상수인 경우, 상기 제1 누적부에서 출력되는 에너지(\hat{Energy})는 다음의 관계식

$$\hat{Energy} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [Si(n)^2 + Sq(n)^2] + [Di^2 + Dq^2]$$

을 따르는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 7】

제6항에 있어서,

상기 제2 에너지 계산부에서 출력되는 에너지(E)는 다음의 관계식

$$E = Di^2 + Dq^2$$

을 따르는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 8】

제7항에 있어서,

상기 감산부에서 출력되는 값(Energy)은 다음의 관계식

$$\hat{Energy} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [Si(n)^2 + Sq(n)^2]$$

을 따르며,

더씨 오프셋이 없는 이상적인 신호의 에너지를 나타내는

것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 9】

제1항에 있어서,

상기 감산부와 상기 비교부 사이에 위치하며 상기 감산부의 출력을 dB 단위로 변환하는 dB 변환부를 더 포함하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 10】

제1항에 있어서,

상기 입력 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 제1 에너지 계산부 및 상기 제2 누적부로 입력하는 아날로그-디지털 변환부; 및

상기 비교부에서 출력되는 비교 결과를 디지털 신호로 변환하여 상기 RF단으로 출력하는 디지털-아날로그 변환부

를 더 포함하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 자동 이득 조절 장치.

【청구항 11】

직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법에 있어서,

a) 입력 신호가 검출되면 짧은 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 개략적인 자동 이득 조절—여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨—을 수행하는 단계;

b) 상기 짧은 훈련 심볼구간에 대해 개략적인 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 단계;

c) 긴 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 정밀한 자동 이득 조절-여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨-을 수행하는 단계; 및

d) 상기 긴 훈련 심볼구간에 대해 정밀한 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 단계를 포함하는 직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법.

【청구항 12】

제11항에 있어서,

상기 a) 단계에서의 자동 이득 조절은 상기 짧은 훈련 심볼구간 내에서 16개의 샘플 단위로 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법.

【청구항 13】

제11항에 있어서,

상기 c) 단계에서의 자동 이득 조절은 상기 긴 훈련 심볼구간 내에서 64개의 샘플 단위로 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법.

【청구항 14】

제11항에 있어서,

상기 b) 단계는 상기 짧은 훈련 심볼의 마지막 3개의 반복 구간에서 수행되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법.

【청구항 15】

직교 주파수 분할 다중 시스템에서의 자동 이득 조절 방법에 있어서,

a) 입력 신호가 검출되면 짧은 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 개략적인 자동 이득 조절-여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨-을 수행하는 기능;

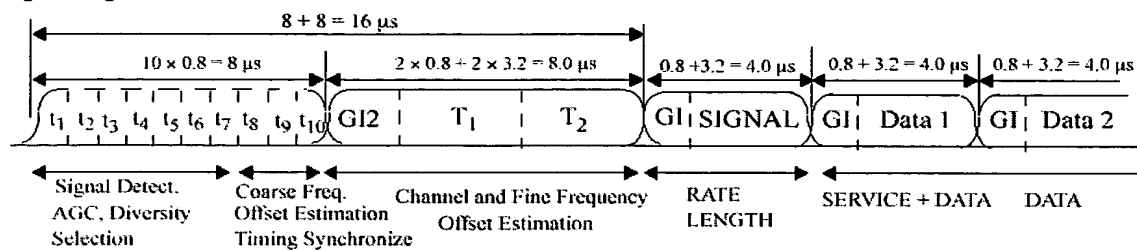
b) 상기 짧은 훈련 심볼구간에 대해 개략적인 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 기능;

c) 긴 훈련 심볼구간에 대해 디씨 오프셋 제거를 통한 정밀한 자동 이득 조절-여기서 자동 이득 조절은 상기 입력 신호의 에너지에서 상기 디씨 오프셋의 에너지를 감하여 상기 디씨 오프셋이 제거된 이상적인 신호의 에너지를 사용하여 수행됨-을 수행하는 기능; 및

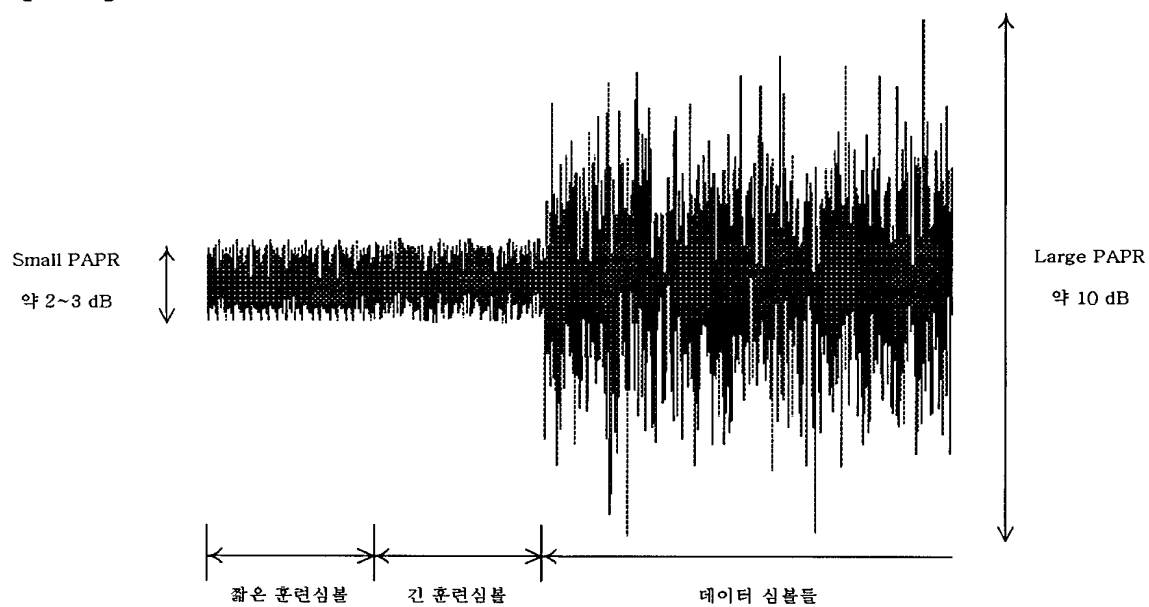
d) 상기 긴 훈련 심볼구간에 대해 정밀한 주파수 오프셋 탐색 및 제거를 수행하는 기능을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체.

【도면】

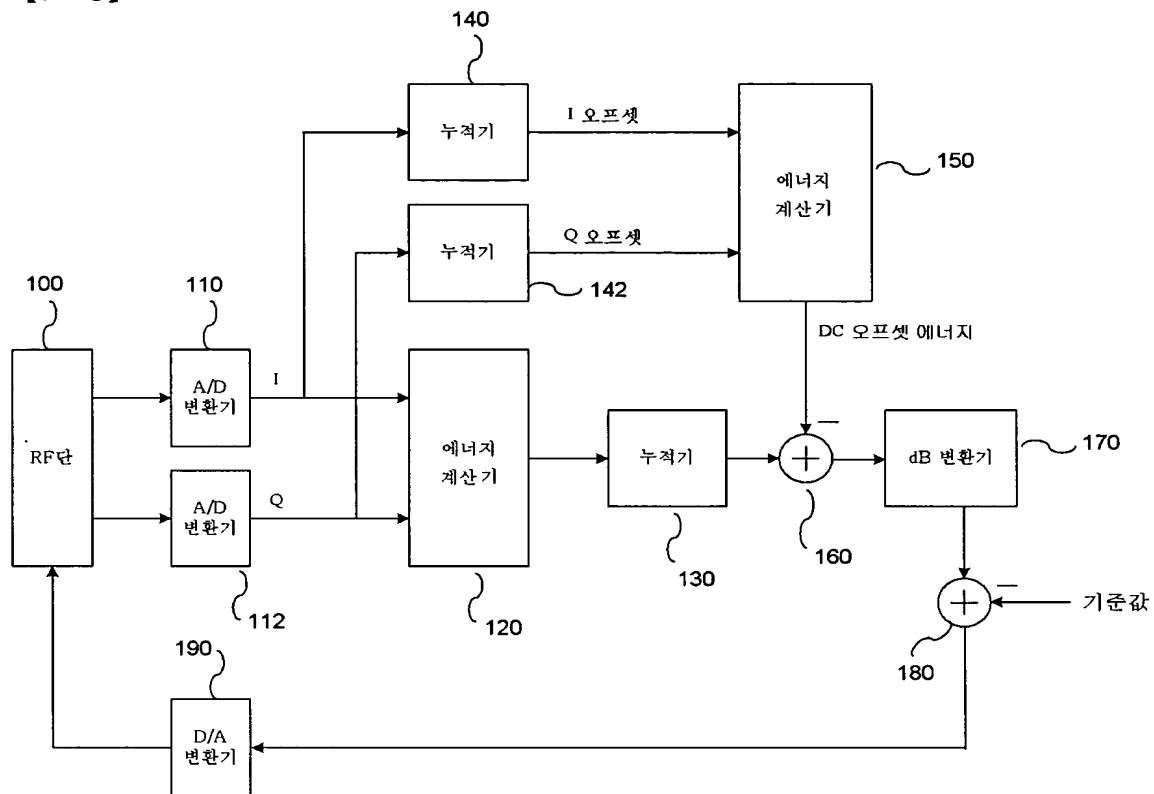
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

